

Magnetronová depozice tenkých vrstev Zr-Si-O

Martin Vonásek¹, Jindřich Musil²

1 Úvod

Vytvářené tvrdé tenké vrstvy jsou křehké, jejich křehkost se s rostoucí tvrdostí zvyšuje, čímž je omezeno jejich praktické využití vzhledem k jejich praskání při zatížení. Proto je při vývoji nových tvrdých povlaků důležité nalézt způsob, jak zabránit vzniku trhlin ve zmíněných povlacích nebo alespoň zvýšit jejich odolnost proti vzniku trhlin. Tato práce se zabývá přípravou a vlastnostmi vrstev Zr-Si-O, které by se mohly stát řešením zmíněných problému tvrdých vrstev.

2 Výsledky

Tenké vrstvy Zr-Si-O byly připraveny reaktivním magnetronovým naprašováním s využitím duálního magnetronu vybaveného skládanými terči z křemíku (Si) a zirkonia (Zr). Vlastnosti vrstev Zr-Si-O byly zkoumány v závislosti na parciálním tlaku kyslíku (p_{O_2}) pro dvě zvolené série vrstev s různým atomárním poměrem obsahů Zr a Si ve vrstvách, tj. $Zr/Si > 8$ a $Zr/Si < 3$. Cílem této práce bylo nalézt vhodnou ochrannou vrstvu, která by zabránila poškození ohebného povrchu např. u ohebných obrazovek mobilních zařízení.

Hlavní dosažené výsledky lze shrnout následovně.

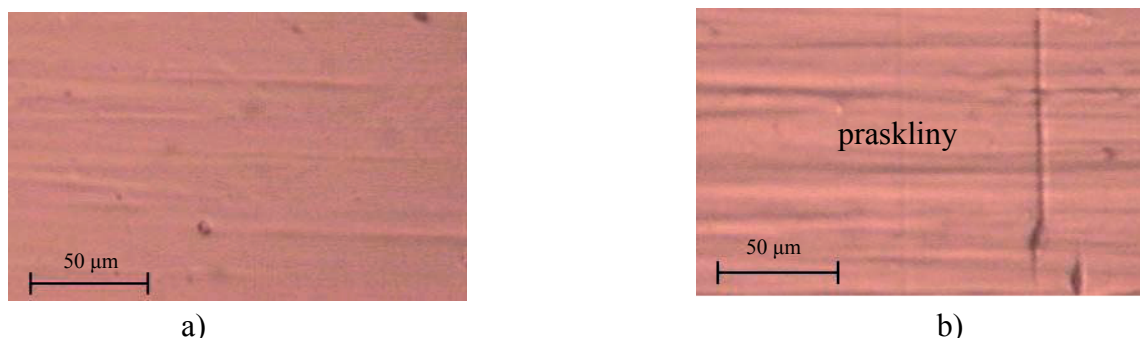
U vrstev s $Zr/Si > 8$ byla úspěšně stabilizována vysokoteplotní tetragonální fáze ZrO_2 . V důsledku toho vrstvy vykazovaly vysokou tvrdost $H \approx 17$ GPa, nízký efektivní Youngův modul $E^* \approx 160$ GPa, což vedlo k vysokému poměru $H/E^* > 0,1$ a vysoké elastické vratnosti $W_e > 66$ %. Připravené vrstvy byly opticky transparentní při parciálním tlaku kyslíku $p_{O_2} \geq 0,08$ Pa. Ohybový test vybraných vrstev prokázal předchozí výsledky, které ukázal Musil et al. (2014), tj. byla prokázána korelace odolnosti vrstev proti praskání s hodnotou $H/E^* > 0,1$.

Naproti tomu vrstvy s poměrem $Zr/Si < 3$ vykazovaly amorfni strukturu. U takto připravených vrstev došlo ke snížení hodnot mechanických vlastností ve srovnání s vrstvami Zr-Si-O s atomárním poměrem obsahů prvků $Zr/Si > 8$. Konkrétní hodnoty tvrdosti $H \approx 8$ GPa, efektivního Youngova modulu $E^* \approx 90 \div 120$ GPa, které vedly k nízkému poměru $H/E^* < 0,1$ a nízké elastické vratnosti $W_e < 60$ %. Vrstvy byly stejně jako v předchozí sérii opticky transparentní při parciálním tlaku $p_{O_2} \geq 0,08$ Pa.

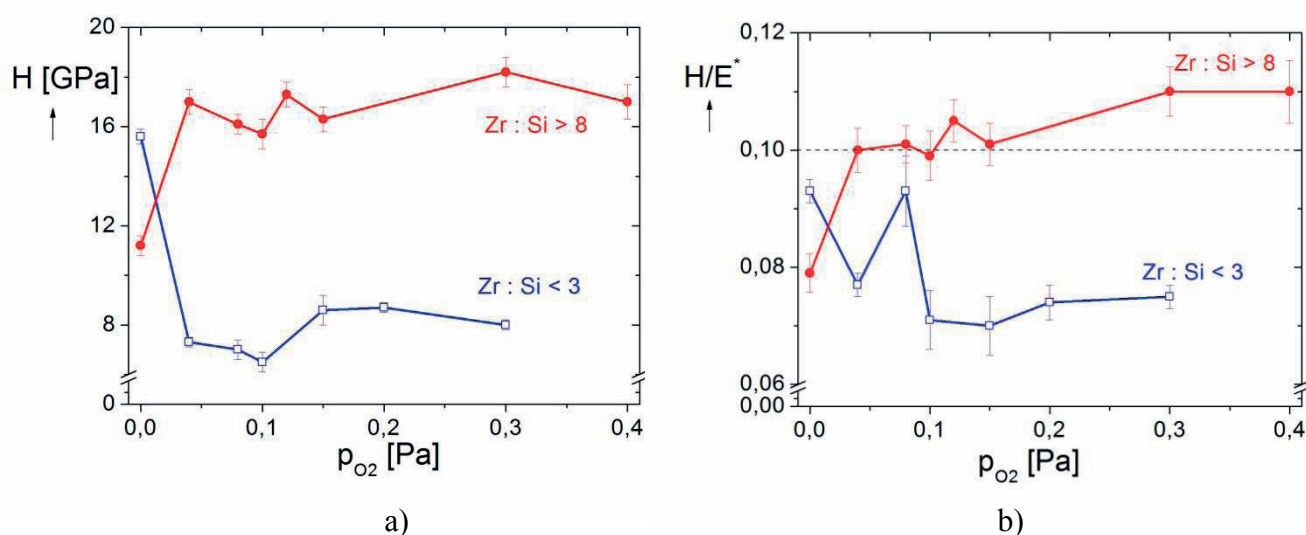
¹ student magisterského navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Aplikovaná fyzika a fyzikální inženýrství, specializace Fyzika technologických procesů, e-mail: mvonasek@students.zcu.cz

² prof. Ing. Jindřich Musil, DrSc., ZČU, FAV, Katedra fyziky, Univerzitní 22, 306 14, e-mail: musil@kfy.zcu.cz

V neposlední řadě byla porovnána depoziční rychlosti obou sérií vrstev. Vyšší depoziční rychlost byla dosahována u vrstev s vyšším obsahem křemíku.



Obrázek 1: Morfologie povrchu vrstev Zr-Si-O s (a) $H/E^* = 0,11$; $W_e = 70\%$ a $\sigma = -1$ GPa a (b) $H/E^* = 0,1$; $W_e = 66\%$ a $\sigma = -0,4$ GPa připravených na molybdenové proužky po ohybovém testu okolo pevného válce o průměru 20 mm. Vrstva s vyšším poměrem H/E^* , vyšší elastickou vratností W_e a vyšším kompresním pnutím nevykazuje žádné praskliny.



Obrázek 2: Závislosti (a) tvrdosti H a (b) poměru H/E^* na parciálním tlaku kyslíku v porovnání tenkých vrstev Zr-Si-O připravených na Si (100) substrát pro různý atomární poměr obsahů Zr a Si ve vrstvách, tj. $Zr/Si > 8$ a $Zr/Si < 3$.

3 Závěr

Výzkum tvrdých vrstev Zr-Si-O s vysokým poměrem $H/E^* > 0,1$ a dostatečně vysokým kompresním pnutím prokázal odolnost proti praskání při ohybu. Tyto tvrdé tenké vrstvy jsou považovány za novou generaci povlaků, jež pravděpodobně najdou své uplatnění v průmyslu jako ochranné povlaky.

4 Literatura

Musil, J., Sklenka, J., and Prochazka J., 2014. Protective over-layer coating preventing cracking of thin films deposited on flexible substrates. *Surface and Coatings Technology*, Vol. 240. pp 275–280.